



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001060734 A**(43) Date of publication of application: **06.03.01**

(51) Int. Cl.

H01S 3/098**H01S 3/108**(21) Application number: **11233366**(22) Date of filing: **20.08.99**(71) Applicant: **JAPAN
SCIENCE & TECHNOLOGY CORP**(72) Inventor: **NAKAMURA MASATAKE
YAMASHITA MIKIO**(54) **ULTRASHORT PULSE WIDE BAND LIGHT WAVE
GENERATING METHOD AND DEVICE
THEREFOR**

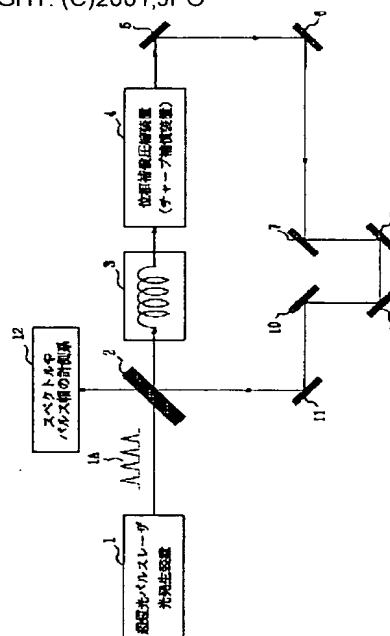
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a wide band output light spectrum by increasing a non-linear effect in a non-linear medium.

SOLUTION: This ultrashort pulse wide band light wave generating device is provided with an ultrashort pulse laser beam generating device 1 for repeatedly outputting plural ultrashort light pulses in the same cycle which are pico-seconds or less, an optical fiber 3 through which an ultrashort light pulse column 1A emitted from the ultrashort pulse laser beam generating device 1 is transmitted, a phase compensating light compressing device 4 for inputting the wide band wavelength of the laser beams transmitted through the optical fiber 3, and for chirp (speed dispersion by wavelength) compensating the wide band laser beams, and a feedback optical path having feedback delay optical paths 7-10 through which compressed lights with shorter light pulses than the ultrashort light pulse column 1A are transmitted. Then, the compressed lights are returned through the feedback optical path to the emitted pulse optical path, and overlapped with the ultrashort light pulse column 1A,

and transmitted through the optical fiber 3 and the phase compensating compressing device 4. This processing is repeated at least once so that the wide band and short pulse wavelength can be obtained.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-60734
(P2001-60734A)

(43)公開日 平成13年3月6日(2001.3.6)

(51)Int.Cl.⁷

H 0 1 S 3/098
3/108

識別記号

F I

H 0 1 S 3/098
3/108

テマコード* (参考)

5 F 0 7 2

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平11-233366

(22)出願日 平成11年8月20日(1999.8.20)

(71)出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(72)発明者 中村 真毅

北海道札幌市北区北17条西4丁目21-563

ライオンズマンション北大前801号

(72)発明者 山下 幹雄

北海道札幌市白石区栄道14丁目2-12-305

(74)代理人 100089635

弁理士 清水 守

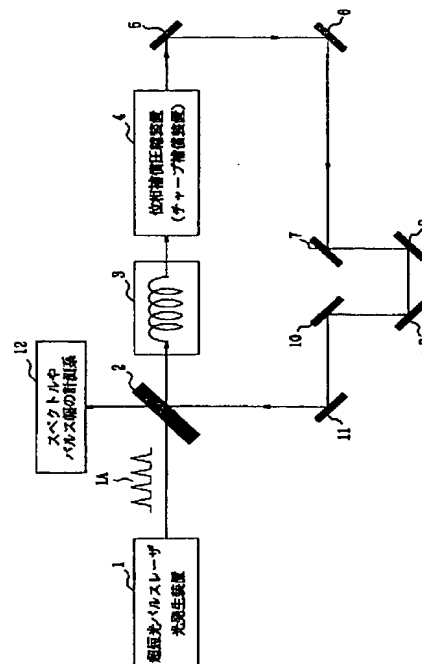
Fターム(参考) 5F072 AK06 HH07 JJ07 JJ20 KK07
KK11 KK30 MM03 QQ20 SS08
YY15

(54)【発明の名称】 超短パルス広帯域光波発生方法及びその装置

(57)【要約】

【課題】 非線形媒質中での非線形効果を増大させて、出力光スペクトルをより広帯域化できる超短パルス広帯域光波発生方法及びその装置を提供する。

【解決手段】 超短パルス広帯域光波発生装置において、パルスが同じ周期で多数繰り返し出力されるピコ秒以下の超短パルスレーザー光発生装置1と、この超短パルスレーザー光発生装置1から出射された超短光パルス列1Aを通す光ファイバ3と、この光ファイバ3に通すことにより、前記レーザー光の波長を広帯域化し、この広帯域レーザー光をチャープ(波長による速度分散)補償する位相補償光圧縮装置4と、この位相補償光圧縮装置4によって前記超短光パルス列1Aよりも短パルス化した圧縮光を通す帰還遅延光路7~10を有するフィードバック光路とを備え、前記圧縮光を前記フィードバック光路を通して、前記出射パルス光路に戻して、超短光パルス列1Aに重ねて、前記光ファイバ3及び前記位相補償圧縮装置4を通すことを1回以上繰り返すことによって、波長の広帯域化、及び短パルス化をする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 パルスが同じ周期で多数繰返し出力されるピコ秒以下の超短パルスレーザ光発生装置から出射された出射パルス光を非線形媒質に通すことにより、前記レーザ光の波長を広帯域化し、該広帯域レーザ光を位相補償光圧縮装置によってチャープ補償することによって前記出射パルス光よりも短パルス化した圧縮光を、帰還遅延光路を有するフィードバック光路を通して、前記出射パルス光路に戻して、出射パルス列に重ねて、前記非線形媒質及び前記位相補償圧縮装置を通すことを1回以上繰返すことによって、波長を広帯域化、及び短パルス化をすることを特徴とする超短パルス広帯域光波発生方法。

【請求項2】 請求項1記載の超短パルス広帯域光波発生方法において、前記圧縮光を出射パルス光に重ねるときに、該出射パルスが前記圧縮光を形成した出射パルスの次のパルスであることを特徴とする超短パルス広帯域光波発生方法。

【請求項3】 (a) パルスが同じ周期で多数繰返し出力されるピコ秒以下の超短パルスレーザ光発生装置と、(b) 該超短パルスレーザ光発生装置から出射された出射パルス光を通す非線形媒質と、(c) 該非線形媒質に通すことにより、前記レーザ光の波長を広帯域化し、該広帯域レーザ光をチャープ補償する位相補償光圧縮装置と、(d) 該位相補償光圧縮装置によって前記出射パルス光よりも短パルス化した圧縮光を通す帰還遅延光路を有するフィードバック光路とを備え、(e) 前記圧縮光を前記フィードバック光路を通して、前記出射パルス光路に戻して、出射パルス列に重ねて、前記非線形媒質及び前記位相補償圧縮装置を通すことを1回以上繰返すことによって、波長を広帯域化、及び短パルス化をすることを特徴とする超短パルス広帯域光波発生装置。

【請求項4】 請求項3記載の超短パルス広帯域光波発生装置において、前記非線形媒質として光ファイバーを用いることを特徴とする超短パルス広帯域光波発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、超短パルス広帯域光波発生方法及びその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、このような分野の技術としては、例えば、以下の文献に開示されるようなものがあった。

- 【0003】 [1] A. Baltuska et al., Opt. Lett. 22, 102 (1997).
[2] D. Meshulach et al., Opt. Commun. 138, 345 (1997).
[3] P. A. Apanasevich et al., J. Modern Opt. 38, 151 (199

1).

超短光パルス光ファイバーに一回通し、2次の非線形効果の一つである自己位相変調効果により、広帯域光波を発生する装置が上記文献[1]に開示されている。

【0004】 この技術でも光ファイバー通過後に回折格子対(上記文献1)やプリズム対(上記文献1)やチャープミラー(上記文献1)や空間位相変調器(上記文献2)など分散補償・チャープ補償光圧縮装置を用いて極短光パルス発生が可能であるが、より短いパルスを得るためには、より広帯域な光の発生が必要であり、より広帯域な光を得るには入力パルスの尖塔強度(光パルスエネルギーを光パルス時間幅で除算したもの)を増大する必要がある。しかし、光ファイバーには損傷閾値が存在し、入力パルスの尖塔強度の増大には限界がある。

【0005】 光パルス光ファイバー以外の非線形媒質(例えば、アルゴンガスなど)に通した後に入射側にフィードバックをかける方法は、誘導ラマン散乱や誘導ブリルアン散乱といった広帯域光波発生法では行われている(上記文献3)。ただし、この場合は、用いる光パルス幅がナノ秒程度からマイクロ秒程度なので、光パルスの前半部分が後半部分の非線形作用にフィードバックされるというものである。つまり、1つのパルス内でフィードバックがなされ、非線形作用の増強がなされている。これは、本発明にかかるパルス列の重量とは異なっている。

【0006】 ここでいう、広周波数帯域光波発生装置は、同時に極短光パルス発生装置でもある。それは周波数帯域と光パルス時間幅の積が一定という、フーリエ変換の関係があるからである。

【0007】 図6は従来の超短パルス広帯域光波発生システムの模式図である。

【0008】 この図において、超短光パルス列101が光ファイバ102に伝送され、この光ファイバ102からの出力は、チャープ補償光学系103に送られ、このチャープ補償光学系103でチャープ補償され、スペクトルやパルス幅の計測系104で計測される。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら上記した従来技術では、光ファイバー中の光パルスの広帯域化には、光ファイバー入力光の尖塔強度の増強が必要であるが、光損傷による限界があることが問題である。

【0010】 したがって、同じ入力尖塔強度でも広帯域化の効果を増強できれば、より広帯域な光波発生が可能であり、ひいてはより短い光パルスの発生も可能となり、産業応用分野が大幅に拡大する。光ファイバー出力光を次の周期にレーザ出力されるパルスと重ね合わせてもう一度光ファイバーの入射側に入れることで、同じ入力尖塔強度でも非線形効果が増強されて、従来技術に比べて更に広帯域な光パルスの発生が可能となる。

【0011】 従来技術においては、超短光パルス光フ

ファイバーに一回だけ通して自己位相変調効果によって広帯域化する方式がとられていた（上記文献1）。この効果を増強する手法は特に報告されていない。

【0012】また、非線形効果の増強方法として、単一パルスの前半部を後半部にフィードバックさせて非線形効果を増強する手法がラマン散乱やブリルアン散乱で報告がある（上記文献2）が、本発明のように、時間的に短い光パルスのパルス列を用いていない。時間的に短い光パルス（ 10^{-15} 秒、フェムト秒）を用い、かつ最初のパルスが光ファイバー出力された後、位相補償装置で時間幅を圧縮し、さらにそれに次の周期でレーザー装置から出力されたパルスを重ね合わせることににより、非線形効果の増大を行うことについては、報告はないのが現状である。

【0013】本発明は、上記問題点を除去し、非線形媒質中での非線形効果を増大させて、出力光スペクトルをより広帯域化できる超短パルス広帯域光波発生方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕超短パルス広帯域光波発生方法において、パルスが同じ周期で多数繰り返し出力されるピコ秒以下の超短パルスレーザー光発生装置から出射された出射パルス光を非線形媒質に通すことにより、前記レーザー光の波長を広帯域化し、この広帯域レーザー光を位相補償光圧縮装置によってチャープ（波長による速度分散）補償することによって前記出射パルス光よりも短パルス化した圧縮光を、帰還遅延光路を有するフィードバック光路を通して、前記出射パルス光路に戻して、出射パルス列に重ねて、前記非線形媒質及び前記位相補償圧縮装置を通すことを1回以上繰り返すことによって、波長の広帯域化、及び短パルス化をすることを特徴とする。

【0015】〔2〕上記〔1〕記載の超短パルス広帯域光波発生方法において、前記圧縮光を出射パルス光に重ねるときに、この出射パルスが前記圧縮光を形成した出射パルスの次のパルスであることを特徴とする。

【0016】〔3〕超短パルス広帯域光波発生装置において、パルスが同じ周期で多数繰り返し出力されるピコ秒以下の超短パルスレーザー光発生装置と、この超短パルスレーザー光発生装置から出射された出射パルス光を通す非線形媒質と、この非線形媒質に通すことにより、前記レーザー光の波長を広帯域化し、この広帯域レーザー光をチャープ（波長による速度分散）補償する位相補償光圧縮装置と、この位相補償光圧縮装置によって前記出射パルス光よりも短パルス化した圧縮光を通す帰還遅延光路を有するフィードバック光路とを備え、前記圧縮光を前記フィードバック光路を通して、前記出射パルス光路に戻して、出射パルス列に重ねて、前記非線形媒質及び前記位相補償圧縮装置を通すことを1回以上繰り返すこ

とによって、波長の広帯域化、及び短パルス化をすることを特徴とする。

【0017】〔4〕上記〔3〕記載の超短パルス広帯域光波発生装置において、前記非線形媒質として光ファイバーを用いることを特徴とする。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。

【0019】まず、パルスが同じ周期で多数繰り返し出力される超短パルスレーザー光発生装置から出力された超短光パルス列（モードロックレーザーパルス列）を光ファイバーに通し、自己位相変調効果により、波長が広帯域化した光パルスを得る。

【0020】この得られたパルスは広帯域化したと同時に、光ファイバー中での屈折率分散によって波長による速度分散が生じ時間的にパルスが伸びたチャープパルスとなっているので、これを回折格子対やプリズム対やチャープミラーや空間位相変調器などの分散補償・チャープ補償圧縮装置を用いて、入射光と同等あるいはそれより時間的に短い光パルスにする。

【0021】この広帯域化・短パルス化した光を、モードロックレーザーパルス列の次のパルスに遅延光路を通した後、重ねる。すると、この重なった2つのパルスのうち、フィードバックしてきた方のパルスは、次に来たパルスにはないスペクトル領域を持つため、自己位相変調だけでなく、波長帯域の異なる2つのパルスが非線形媒質を介して起こす位相変調（誘起位相変調）のため、従来技術の1パルスの自己位相変調のみの場合よりも、より広帯域なパルスの発生が可能である。つまり、従来技術における入力光損傷による限界より、さらに広帯域なパルスの発生が可能となる。

【0022】次に、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

【0023】図1は本発明の実施例を示す超短パルス広帯域光波発生システムの模式図、図2～図5はチャープ補償装置の例を示す図である。

【0024】図1に示すように、この超短パルス広帯域光波発生システムは、超短パルスレーザー光発生装置1としてのモードロックレーザー（つまり、超短光パルス列1Aを発生するレーザー）、光ファイバー3、位相補償圧縮装置（チャープ補償光学系：チャープ補償装置）4、遅延調整光路7、8、9、10、部分反射鏡2からなる構成される。また、5、6、11は反射鏡、12はスペクトルやパルス幅の計測系である。

【0025】また、図2～図5において、21、25、26は回折格子対、22はレンズ、23、28は空間位相変調器、27は平面鏡、29は球面鏡、31はプリズム対である。

【0026】そこで、超短光パルス列1Aを光ファイバー3に通し、自己位相変調効果により広帯域光パルスを

得る。この得られたパルスは広帯域したと同時に、光ファイバー3中での分散によって時間的にパルスが伸びたチャープパルスとなっている。

【0027】これを位相補償圧縮装置4を用いて補償し、入射光と同等、あるいはそれより時間的に短い光パルスにする。この広帯域化し、かつ短パルス化した光を、超短光パルス列1Aの次のパルスに遅延調整光路7～10を通した後、部分反射鏡2で光ファイバー3の前で重ねる。

【0028】このように構成することにより、この重なった2つのパルスのうち、フィードバックしてきた方のパルスは、光ファイバー通過前のパルスに比べて広い帯域のスペクトルを持つので、次に来たパルスにはないスペクトル領域を持つ。このため、自己位相変調だけでなく、加えて変調効果のある誘起位相変調をも引き起こすため、従来技術の1パルスの自己位相変調のみの場合（図6参照）よりも、より広帯域なパルスの発生が可能である。つまり、従来技術における入力光損傷による限界より、さらに広帯域なパルスの発生が可能となる。

【0029】また、この装置においては、常時チャープ補償も行いながらフィードバックしているため、図1中の遅延調整光路7～10の側から部分反射鏡2を通ってきた光は、入力レーザーパルス列に比べ、短くなっており、従来方法よりスペクトルが広帯域化しているのでパルス幅も従来方法より短くなる。

【0030】従来方式で、コア径3 μ m、長さ4mmの光ファイバーに尖塔強度100kWでパルス時間幅100fsのパルスを一回通すと、波長帯域は720～920nmに広帯域化し、帯域幅 $\Delta\lambda$ は200nmとなる。

【0031】本発明によれば、これを同じ光ファイバーに100kW、100fsのパルスと、100kW、50fsのパルスとを重ねて同時に入射すると、波長帯域は570～1200nmに広帯域化し、帯域幅 $\Delta\lambda$ は630nmとなる。このパルスを時間圧縮すると、8、4fsの極短光パルスが発生できる。

【0032】200kW、100fsのパルスを従来方式（図6参照）で一回光ファイバーを通した場合は、波長帯域は680～980nm、帯域幅 $\Delta\lambda$ は300nmとなり、本発明の超短パルス広帯域光波発生方法より広帯域化されない。

【0033】なお、図1において述べたチャープ補償装置4の具体例は、図2～図4に示すように、回折格子対21、25、26や、図5に示すように、プリズム対31や、図2又は図4に示すように空間位相変調器23、28などがある。これらのいずれでも同様の結果が得られる。また、図示しなかったが、チャープミラーで一回、または複数回反射させることによって補償が可能である。

【0034】本発明は、以下のような利用分野に好適である。

【0035】①100テラビット以上の光情報処理技術への展開

②周波数多重大容量高速光通信光源

③電子計算機の高周波クロックパルス光源

④超高速非線形光デバイス・素子・材料のための評価用光源

⑤化学・薬学・農学・医学域での分子レベルの選択的反応制御・新物質創製への展開

⑥複数の選択的光共鳴遅延励起による分子反応制御機器・新分子の誕生・光誘起増殖・多次元光分子診断・選択的光分子治療

⑦インテリジェント光分析機器

このように広範な技術分野への適用が期待できる。

【0036】なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0037】

【発明の効果】以上、詳細に説明した様に、本発明によれば、以下のような効果を奏することができる。

【0038】（A）光ファイバーに超短光パルス列を通して、光ファイバー出力光をチャープ補償した後に、しかるべき遅延をかけて、超短光パルス列の次のパルスと重ね合わせるという光学的フィードバックにより、光ファイバー中での非線形効果を増大させて、出力光スペクトルを従来方式に比べてより広帯域化することができる。

【0039】（B）副次的に従来方式に比べて、より時間的に、更に短いパルスの発生も可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例を示す超短パルス広帯域光波発生システムの模式図である。

【図2】図1に示されたチャープ補償装置（その1）の模式図である。

【図3】図1に示されたチャープ補償装置（その2）の模式図である。

【図4】図1に示されたチャープ補償装置（その3）の模式図である。

【図5】図1に示されたチャープ補償装置（その4）の模式図である。

【図6】従来の超短パルス広帯域光波発生システムの模式図である。

【符号の説明】

1 超短光パルスレーザー光発生装置

1A 超短光パルス列

2 部分反射鏡

3 光ファイバー

4 位相補償圧縮装置

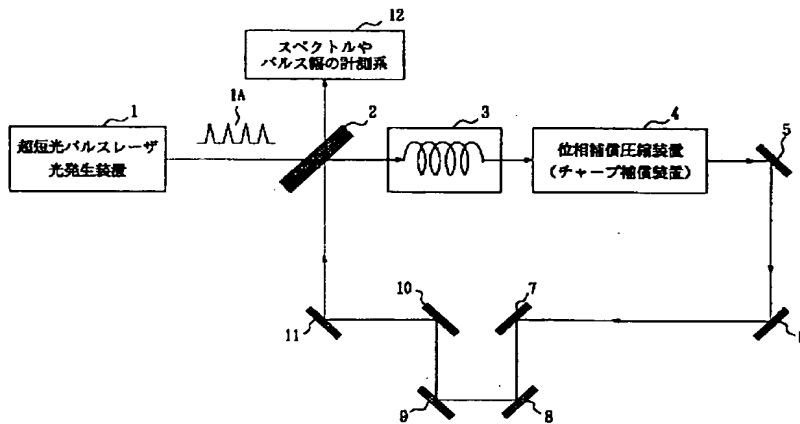
5, 6, 11 反射鏡

7, 8, 9, 10 遅延調整光路

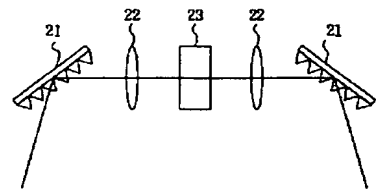
12 スペクトルやパルス幅の計測系
 21, 25, 26 回折格子対
 22 レンズ
 23, 28 空間位相変調器

27 平面鏡
 29 球面鏡
 31 プリズム対

【図 1】



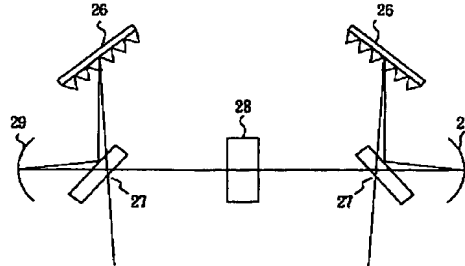
【図 2】



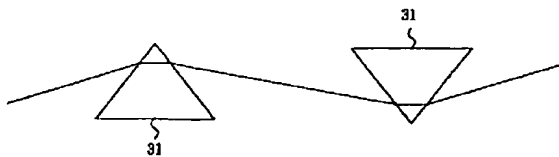
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

